

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. PENDAHULUAN

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat listrik batuan di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan bumi meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun karena penginjeksian arus ke dalam bumi.

Metode geolistrik yang terkenal antara lain: metode potensial diri (SP), *arus telluric*, *magnetometer teluric*, elektromagnetik, IP (*induced Polarization*), dan *resistivitas*. Dalam hal ini metode yang dipakai adalah resistivitas atau geolistrik tahanan jenis. *Resistivitas* suatu bahan adalah parameter atau besaran yang menunjukkan tingkat hambatannya terhadap arus listrik. Bahan yang mempunyai *resistivitas* makin besar berarti makin sukar untuk dilalui arus listrik. Biasanya *resistivitas* diberi simbol  $\Omega m$ . Metode *resistivitas* adalah metode geofisika yang menyelidiki struktur bawah permukaan bumi berdasarkan perbedaan *resistivitas* batuan. (Anonim, 2000).

Prinsip kerja dari *resistivitas* adalah arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial untuk setiap jarak elektroda

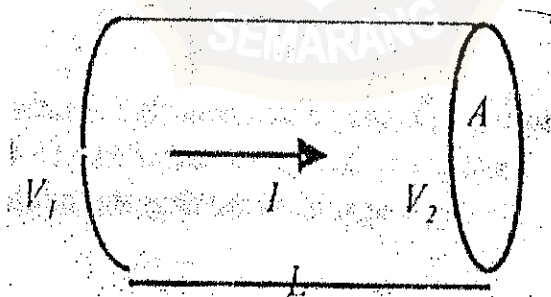
tertentu, dapat ditentukan variasi hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (titik sounding).

Metode *resistivitas* ini hanya baik dilakukan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 300 m. Jika kedalaman lebih dari itu, maka informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan semakin melemahnya arus listrik untuk jarak bentangan yang semakin besar. Metode ini banyak digunakan dalam *Engineering Geology* (seperti penentuan batuan dasar), pencarian reservoir air, pendeteksian intrusi air laut, dan pencarian medan geothermal. (Telford, 1976).

## 2.2. HUKUM DASAR.

### 2.2.1. Hukum Ohm untuk arus sederhana atau sejajar.

Hukum Ohm untuk arus sederhana atau sejajar dideskripsikan pada sebuah silinder seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1. Arus listrik merata dan sejajar dalam sebuah silinder oleh beda potensial antara kedua ujungnya.

Dari gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

Arus listrik  $I$  yang melalui bahan berbentuk silinder berbanding lurus dengan luas penampang, berbanding lurus dengan beda potensial antara ujung-ujungnya  $dV$  dan berbanding terbalik dengan panjangnya, sehingga :

$$I = \sigma A \frac{dV}{L} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan  $\sigma$  adalah daya hantar jenis batuan yang bersangkutan.

Jika yang dipergunakan bukan daya hantar jenis, tetapi tahanan jenis bahan, maka rumusnya menjadi:

$$I = A \frac{dV}{\rho L} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan  $\sigma = 1/\rho$

$I$  adalah kuat arus (A),  $\sigma$  adalah daya hantar jenis batuan ( $\Omega m^{-1}$ ),  $A$  adalah luas penampang ( $m^2$ ),  $dV$  adalah beda potensial (Volt),  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega m$ ) dan  $L$  adalah panjang silinder (m)

### 2.2.2. Hukum Ohm untuk arus menyebar

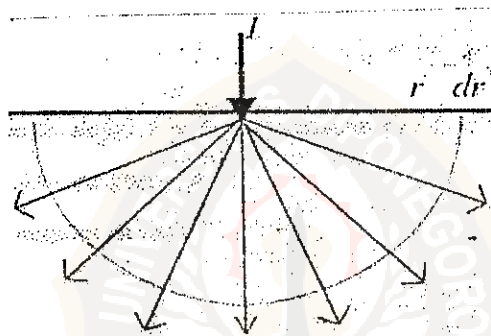
Arus listrik yang menembus permukaan bola berongga yang luasnya  $A$ , tebalnya  $dr$  dan beda potensialnya  $dV$  antara bagian luar dan dalam adalah :

$$I = - \frac{A}{\rho} \frac{dV}{dr} \dots\dots\dots (3)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa arus mengalir dari potensial tinggi ke potensial yang rendah.

### 2.2.2. Hukum Ohm untuk potensial oleh arus tunggal di permukaan medium setengah tak berhingga.

Hukum Ohm untuk potensial oleh arus tunggal di permukaan medium setengah tak berhingga dideskripsikan sebagai berikut:



Gambar 2. Pola arus yang dipancarkan oleh arus tunggal di permukaan medium tak berhingga.

Dari gambar 2 di atas terlihat bahwa permukaan berpotensi merupakan setengah bola, elektroda arus tunggal  $I$  diletakkan pada permukaan bumi yang *homogen isotropik* dengan konduktivitas di udara sama dengan nol.

Untuk pola arus seperti di atas berlaku hukum Ohm :

$$I = - \frac{A}{\rho} \frac{dV}{dr} \dots \dots \dots (4)$$

Karena luas setengah bola  $A = 2 \pi r^2$  maka arus  $I$  menjadi:

$$I = - \frac{2\pi r^2}{\rho} \frac{dV}{dr} \text{ atau}$$

$$dV = \frac{-\rho I dr}{2\pi r^2} \dots \dots \dots (5)$$

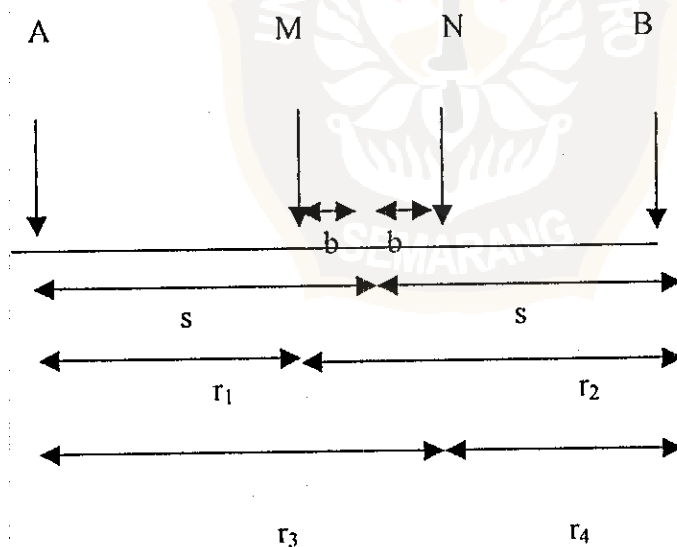
Sehingga potensial di titik sejauh  $r$  dari pusat arus adalah:

$$V = \int dV = \int_0^r \frac{\rho I}{2\pi r^2} \cdot dr \dots \dots \dots (6)$$

Dengan  $I$  adalah arus listrik ( $A$ ),  $A$  adalah luas penampang ( $m^2$ )

$dV$  adalah beda potensial (volt),  $dr$  adalah jari-jari bola ( $m$ )

#### 2.2.4. Potensial oleh elektroda arus ganda di permukaan medium setengah tak berhingga.



Gambar 3. Arus listrik dilewatkan pada elektroda arus Adan B. Elektroda M dan N adalah elektroda potensial.

$r_1$  adalah jarak A-M ,  $r_2$  adalah jarak M- B  
 $r_3$  adalah jarak A-N ,  $r_4$  adalah jarak N-B

Metode yang digunakan pada gambar 3 adalah konfigurasi *Schlumberger*. Dalam hal ini jarak elektroda potensial M-N dimulai 1/3 jarak elektrode arus A-B. Selanjutnya pengukuran hanya dengan memindahkan elektrode arus sampai suatu jarak di mana hasil ukur beda potensial M-N sudah kecil, kemudian M-N dilebarkan secara bertahap sesuai dengan yang telah ditentukan sehingga memenuhi kurva standar yang ada.

Oleh karena itu dengan menggunakan persamaan 6 potensial di titik M oleh arus yang melalui elektroda A dan B pada gambar 4 adalah :

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Tanda negatif pada persamaan 7 disebabkan oleh arus yang harus berlawanan pada elektroda arus ganda. Potensial di titik N:

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots\dots (8)$$

Maka beda potensial antara titik M dan N adalah :

$$dV = V_M - V_N \\ = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left( \frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$r_1 = r_4 = a, \quad r_2 = r_3 = 2a$$

Untuk konfigurasi *Schlumberger* :

$$r_1 = s-b; \quad r_2 = s+b; \quad r_3 = s+b; \quad \text{dan} \quad r_4 = s-b.$$

Persamaan menjadi:

$$dV = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{s-b} - \frac{1}{s+b} \right) - \left( \frac{1}{s+b} - \frac{1}{s-b} \right) \right\}$$

$$= \frac{I\rho}{2\pi} \frac{4b}{s-b} \dots\dots\dots(10)$$

Jika  $b \ll a$  (eksentrisitasnya kecil), maka persamaan (10) ditulis :

$$dV \propto 2I \frac{\rho b}{\pi s^2} \dots\dots\dots(11)$$

sehingga :

$$\rho \propto \frac{\pi s^2}{2b} \left( \frac{dV}{I} \right) \dots\dots\dots(12)$$

$\frac{\pi s^2}{2b}$  disebut faktor geometri K.

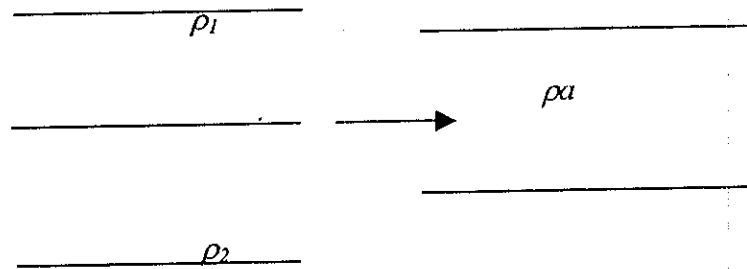
### 2.3 RESISTIVITAS SEMU

Sebenarnya bumi diasumsikan bersifat *homogen isotropik*. Dengan demikian resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Akan tetapi ada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan-lapisan yang berbeda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Sehingga harga resistivitas yang terukur di lapangan seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Rumus resistivitas semu :

$$\rho_a = k \frac{dV}{I} \dots\dots\dots(13)$$

Dengan  $\rho_a$  adalah resistivitas semu (ohm m), k adalah faktor geometri  
 $dV$  adalah beda potensial pada MN (Volt),  $I$  adalah kuat arus (A)

Padahal kenyataannya bumi merupakan medium berlapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda.



Gambar 4. Konsep resistivitas semu pada medium berlapis

Gambar di atas menjelaskan bahwa medium berlapis dianggap terdiri dari dua lapis dengan resistivitas yang berbeda, yaitu  $\rho_1$  dan  $\rho_2$ . Dalam pengukuran, medium ini dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga yaitu resistivitas semu  $\rho_a$ . Konduktansi lapisan fiktif ini sama dengan jumlah konduktansi lapisan masing-masing yaitu

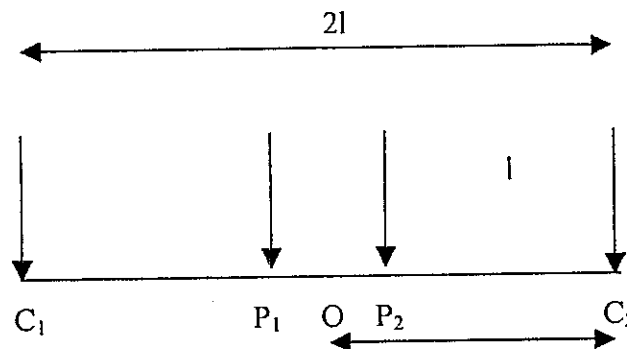
$$\sigma_a = \sigma_1 + \sigma_2$$

#### 2.4. METODE AKUISISI DATA LAPANGAN.

Cara ini digunakan untuk mengetahui distribusi harga resistivitas pada suatu titik di bawah permukaan bumi. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi *Schlumberger*.



Untuk lebih jelasnya, ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 5. Teknik akuisisi konfigurasi *schlumberger*

Gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

Elektroda arus dipindah-pindah dengan jarak tertentu.  $C_1$  digeser ke kiri,  $C_2$  digeser ke kanan dengan jarak spasi sama. Setelah beberapa kali, baru elektroda potensial digeser,  $P_1$  ke kiri,  $P_2$  ke kanan, dengan jarak spasi tertentu. (Telford, 1976)

## 2.5. KONDUKTIVITAS LISTRIK BATUAN ALAM

Pada bagian batuan, atom-atom terikat secara ionik dan kovalen, karena adanya ikatan ini maka batuan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Aliran listrik di dalam batuan dapat digolongkan menjadi 3 kategori:

### 1. Konduksi Elektronik.

Konduksi ini bersifat normal dari aliran listrik dan bahan mineral. Hal ini terjadi jika batuan mineral tersebut mempunyai

banyak elektron bebas, akibatnya arus listrik mudah mengalir pada batuan ini. Sebagai contoh: batuan yang banyak mengandung logam, antara lain emas.

## 2. Konduksi elektrolitik

Konduksi ini banyak terjadi pada batuan atau mineral yang bersifat poros dan pada pori-pori tersebut terisi oleh larutan elektrolit. Dalam hal ini arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi dengan cara ini lebih lambat daripada konduksi elektronik. Contoh : pyrite, argen

## 3. Konduksi dielektrik.

Terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tak ada sama sekali tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dengan inti, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konstanta dielektrik batuan yang bersangkutan, contoh: mika.

## 2.6 STRATIGRAFI

Stratigrafi merupakan ilmu yang mempelajari tentang pemerian perlapisan batuan pada kulit bumi.

Tujuan disusunnya stratigrafi:

1. Untuk mempelajari secara menyeluruh urutan perlapisan secara vertikal.

2. Mempelajari secara detail litologi perlapisan
3. Mengetahui tebal lapisan
4. Mengetahui urutan sedimentasi
5. Mengetahui tentang gambaran sejarah geologinya.

## 2.7 INTERPRETASI SCHLUMBERGER

Fungsi resistivitas dalam matching curve berupa kurva teoritis. Kurva-kurva teoritis tersebut kemudian dicocokkan dengan kurva resistivitas semu yang didapatkan dari lapangan.

Fungsi resistivitas semu adalah:

$$\rho_a = \rho_1 \left( \frac{AB}{2d_1} \right) \dots \dots \dots (14)$$

dengan  $\rho$  adalah resistivitas lapisan pertama ( $\Omega m$ ),  $\frac{AB}{2}$  adalah bentangan elektroda arus (m),  $d_1$  adalah tebal lapisan pertama (m).

Dalam fungsi resistivitas semu tersebut terkandung semua informasi parameter lapisan. Harga-harga batas diperoleh untuk

$\frac{AB}{2}$  besar dan untuk  $\frac{AB}{2}$  kecil, untuk  $\frac{AB}{2}$  besar, kurva resistivitas akan menunjukkan harga tahanan jenis lapisan terdalam, sedangkan untuk

$\frac{AB}{2}$  kecil merupakan lapisan teratas. Kurva ini merupakan kurva teori untuk model dua lapisan, tiga lapisan dan empat lapisan dalam skala logaritma. Persamaan di atas diubah dalam bentuk logaritma menjadi:

$$\log p_a - \log \rho_1 = F\left(\log \frac{AB}{2} - \log d_1\right) \dots \dots \dots (15)$$

$$\log \left( \frac{\rho_a}{\rho_1} \right) = F\left(\log \frac{AB}{2d_1}\right) \dots \dots \dots (16)$$

Kurva-kurva teoritis untuk model dua lapisan tanah dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe naik dan tipe turun, seperti pada lampiran A.

